

引用格式:

董文, 范祺祺, 叶亦心, 秦玉芝, 熊兴耀, 胡新喜. 施氮和施钾水平对冬播马铃薯生长及产量的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, 47(4): 392–398.

DONG W, FAN Q Q, YE Y X, QIN Y Z, XIONG X Y, HU X X. Effect of nitrogen and potassium rates on the growth and yield of winter potato crop[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2021, 47(4): 392–398.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



施氮和施钾水平对冬播马铃薯生长及产量的影响

董文^{1,2}, 范祺祺^{1,2}, 叶亦心^{1,2}, 秦玉芝^{1,2}, 熊兴耀³, 胡新喜^{1,2*}

(1. 湖南农业大学园艺学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南省马铃薯工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128; 3. 中国农业科学院深圳农业基因组研究所, 广东 深圳 518120)

摘要: 以‘费乌瑞它’为材料, 在南方冬闲田设计 5 个施氮水平(N1、N2、N3、N4、N5, 分别施 0、75、150、225 和 300 kg/hm² 纯 N)和 5 个施钾水平(K1、K2、K3、K4、K5, 分别施 0、75、150、225、300 kg/hm² K₂O), 研究不同施氮、施钾水平对马铃薯生长及产量的影响。结果表明: 块茎形成期和膨大期叶片的叶绿素含量随施氮、施钾量的增加而增加; 块茎膨大期叶片 SPAD 值与施氮量呈显著正相关, 块茎形成期叶片 SPAD 值与施钾量相关性不显著; 块茎形成期和膨大期马铃薯的株高与茎粗均随施氮量的增加而增加, 与施氮量呈显著正相关, 与施钾量相关性不显著; 块茎成熟期马铃薯的地上部、地下部干质量及总干质量均随施氮量的增加而增加, 与施氮量呈显著正相关, 与施钾量相关性不显著; 马铃薯产量随施氮量增加呈上升趋势, 施氮量在 225 kg/hm² 时各处理平均产量最高, 为 28 707.25 kg/hm²; 马铃薯产量、单株块茎质量、单株块茎数与施氮量呈显著正相关, 干物质含量与施氮量呈显著负相关; 马铃薯产量、商品薯率、单株块茎质量、单株块茎数、干物质含量与施钾量的相关性不显著。

关键词: 马铃薯; 产量; 生长; 氮肥; 钾肥

中图分类号: S532.062

文献标志码: A

文章编号: 1007–1032(2021)04–0392–07

Effect of nitrogen and potassium rates on the growth and yield of winter potato crop

DONG Wen^{1,2}, FAN Qiqi^{1,2}, YE Yixin^{1,2}, QIN Yuzhi^{1,2}, XIONG Xingyao³, HU Xinxi^{1,2*}

(1.College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Hunan Provincial Engineering Technology Research Center for Potatoes, Changsha, Hunan 410128, China; 3.Agricultural Genomics Institute at Shenzhen, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Shenzhen, Guangdong 518120, China)

Abstract: To understand the effects of rates of nitrogen and potassium on the growth and yield of potato varieties of ‘Favorita’, this study used five treatment with 0, 75, 150, 225 and 300 kg/hm² nitrogen and five treatment with 0, 75, 150, 225, 300 kg/hm² K₂O to the plant in the southern winter paddy field. The results showed that the leaf chlorophyll content increased with the increase of nitrogen application rate, and the SPAD value was positively correlated with the increase of nitrogen application rate, while the correlation with the increase of potassium application rate was not significant. The results also indicated that the plant height and stem diameter were increased with the increase of nitrogen application rate during tuber initiation and the tuber bulking. There were significant positive correlations between plant height and stem diameter with nitrogen application rate, but the correlation with the increase of potassium application rate was not

收稿日期: 2019–08–15

修回日期: 2019–09–26

基金项目: 科学技术部国家重点研发计划项目(2018YFD0200800); 国家马铃薯产业技术体系(CARS–09–ES16)

作者简介: 董文(1992—), 男, 汉族, 湖南常宁人, 硕士, 主要从事马铃薯栽培生理与技术研究, dongwen314@163.com; *通信作者, 胡新喜, 博士, 教授, 主要从事马铃薯栽培生理生态研究, huxinxi163@163.com

significant. The dry weight of total plant, above-ground and under-ground parts of potato plant increased with the increase of nitrogen application rate during tuber maturation. There were significant positive correlations between the dry weight with nitrogen application rate, and the correlation with the increase of potassium application rate was not significant. The yield of potato increased with the increase of nitrogen application rate, and the average yield was the highest with 28 707.25 kg/hm² at 225 kg/hm² nitrogen treatment. There were significant positive correlations between potato yield, the weight of individual tuber, number of tubers per plant with nitrogen application rate, and significant negative correlation between dry matter content and nitrogen application rate. There was no significant correlation between the potassium application rate with the potato yield, marketable tuber rate, the number of tuber per plant, mean tuber weight and the dry matter content.

Keywords: potato; yield; growth; nitrogen; potassium

马铃薯(*Solanum Tuberosum* L.)也称土豆、山药蛋、洋芋等,原产于南美,是茄科属一年生草本块茎作物^[1-2]。2012年,中国马铃薯的种植面积达到553.2万hm²,鲜薯产量为9276.3万吨^[3]。近几年,随着人口基数增加,人均耕地面积减少,通过施肥来提高马铃薯的产量越来越普遍。自1980年起,中国的化肥施用量以每年4%的速度增长,单位面积用肥量是世界平均水平的3倍多,占全球9%的土地消耗了世界总量32%的化肥^[4]。随着用肥量的增加,肥料利用率逐渐降低。近几年来因过量使用化肥、农药等化工产品,农业污染、土壤退化等日趋严重,致使中国农业资源环境约束不断加大^[5-7]。

姜巍等^[8]研究表明,马铃薯1000kg产量大约需要纯N 4.4~6kg、P₂O₅ 1~3kg、K₂O 7.9~13kg。LAKSHMI等^[9]研究表明,马铃薯的生长需要较高水平的氮和钾,施用180kg/hm²的K和180kg/hm²纯N时产量最高,N和K的吸收量最多,各生长期土壤中可利用的N和K量最多。姜巍等^[8]的研究结果表明,土壤碱解氮含量为50~140mg/kg时,氮肥(纯N)合理施用范围为190~300kg/hm²;土壤有效磷含量为10~30mg/kg时,磷肥(P₂O)合理施用范围为100~190kg/hm²;土壤有效钾含量为30~190mg/kg时,钾肥(K₂O)合理施用范围为130~400kg/hm²;氮肥(纯N)、磷肥(P₂O)、钾肥(K₂O)的比例大约为1(0.34~0.86)(0.97~1.93)。本研究中,探索不同施氮、施钾水平对冬作马铃薯生长及产量的影响,以期对南方冬作区马铃薯栽培的施肥方式提供参考。

1 材料与方

1.1 材料

供试材料为中国南方主栽的马铃薯品种‘费乌瑞它’,由湖南省马铃薯工程技术研究中心提供。

1.2 试验设计

试验在湖南农业大学耘园基地(N28°07'58", E113°17'32", 海拔高度57m)进行。2016年1月7日播种,2016年4月30日收获。试验土壤为黏壤土。试验前耕层土壤pH为7.71,碱解氮、有效磷、速效钾含量分别为144、50.2、261.8mg/kg(分别属于二级氮水平、一级磷水平、一级钾水平)。试验设5个施氮水平(N1、N2、N3、N4、N5),分别施0、75、150、225、300kg/hm²纯N;5个施钾水平(K1、K2、K3、K4、K5),分别施0、75、150、225、300kg/hm² K₂O。共25个处理。各处理磷肥施用量(P₂O₅)一致,为150kg/hm²。采用随机区组排列,3次重复。施入的N肥为尿素,由河南晋开化工投资控股集团有限责任公司生产,总氮含量46%;P肥为钙镁磷肥,由湖南省泸溪县武沅化肥厂生产,P₂O₅含量16%,CaO含量12%,MgO含量2%;K肥为硫酸钾,由当阳市绿源化工有限公司生产,氧化钾含量52%。均作基肥一次性施入。小区面积18m²。宽窄行种植,宽行80cm,窄行40cm,株距20cm,共150株。

采用白色地膜覆盖栽培。马铃薯开始出苗后,人工破膜引苗。其他栽培管理措施按文献[9]进行。

1.3 测定项目与方法

马铃薯块茎形成期、膨大期分别测定植株株高和茎粗,并测定第4完全展开叶顶小叶的叶绿素含量(SPAD值,结果取3次测量值的平均值)。马铃薯块茎形成期、膨大期和成熟期各取10株植株,将地下部、地上部分别烘干,测地上部、地下部干物质质量。收获时按小区收获,称重,折合成每公顷产量。收获时调查单株块茎数、单株块茎质量、单薯质量、商品薯率、干物质含量。收获时块茎按大

小分级后称重,单薯质量 50 g 的为商品薯,其余为非商品薯,计算商品薯率。

1.4 数据处理与分析

运用 Excel 2010 处理数据和绘图;采用 SPSS

23.0 进行方差分析、相关性分析及回归分析。

2 结果与分析

2.1 施氮与施钾水平对马铃薯植株叶绿素含量的影响

2.1.1 施氮水平对马铃薯植株叶绿素含量的影响

从表 1 可以看出,块茎形成期各处理 SPAD 值为 36.82~41.88, N1、N2、N3 水平时,SPAD 随施氮量的增加显著增加, N3 水平叶片 SPAD 值最大, N4、N5 水平的叶片 SPAD 值略低于 N3 水平的,但差异不显著;块茎膨大期各处理 SPAD 值为 27.93~37.35, N1 处理的 SPAD 值显著低于其他处理, N1、N2、N3、N4 水平,随着施氮水平的提高,叶片 SPAD 值呈上升趋势;块茎膨大期 SPAD 值与施氮量呈显著正相关,各处理的 SPAD 值低于块茎形成期的。

表 1 不同施氮水平马铃薯植株叶片 SPAD 值

施氮水平	叶片 SPAD 值	
	块茎形成期	块茎膨大期
N1	(36.82±0.46)c	(27.93±1.17)b
N2	(40.09±0.46)b	(34.43±0.89)a
N3	(41.88±0.23)a	(34.62±0.89)a
N4	(41.16±0.64)ab	(37.35±0.97)a
N5	(41.83±0.35)a	(37.07±0.58)a
相关性		*

数据为同一施氮水平下 5 个不同施钾水平的平均值;同列数据不同字母表示不同水平间差异显著;“*”表示相关性显著($P < 0.05$)。

2.1.2 施钾水平对马铃薯植株叶绿素含量的影响

从表 2 可以看出,块茎形成期各处理叶片 SPAD 值为 39.94~41.12,叶片 SPAD 值随施 K 水平的提高呈上升趋势, K5 处理的 SPAD 值显著高于 K1、K2、K3 处理的,叶片 SPAD 值与施钾量呈显著正相关;块茎膨大期各处理 SPAD 值为 33.65~34.97,低于块茎形成期的,各处理间 SPAD 差异不显著。说明高钾处理对马铃薯生长前期植株叶片的叶绿素含量影响显著。

表 2 不同施钾水平马铃薯植株叶片 SPAD 值

施钾水平	叶片 SPAD 值	
	块茎形成期	块茎膨大期
K1	(39.94±0.18)b	33.65±0.58
K2	(40.07±0.29)b	34.97±1.06
K3	(40.12±0.07)b	34.51±0.19
K4	(40.53±0.30)ab	34.35±0.14
K5	(41.12±0.15)a	33.91±0.51
相关性		*

数据为同一施钾水平下 5 个不同施氮水平的平均值;同列数据不同字母表示不同水平间差异显著;“*”表示相关性显著($P < 0.05$)。

2.2 施氮与施钾水平对马铃薯植株生长的影响

2.2.1 施氮水平对马铃薯植株株高与茎粗的影响

从表 3 可以看出,块茎形成期不同施氮处理马铃薯植株株高为 15.31~21.28 cm,块茎膨大期株高为 17.45~32.04 cm,植株株高随施氮水平的提高呈上升趋势,块茎形成期、块茎膨大期的株高与施氮量分别呈显著正相关、极显著正相关;块茎形成期不同施氮处理植株茎粗为 10.12~10.88 mm,块茎膨大期茎粗为 9.95~11.25 mm,茎粗随施氮水平的提高呈上升趋势,块茎形成期、块茎膨大期的茎粗与施氮量分别呈显著正相关、极显著正相关,说明增施氮肥有利于植株生长。

表 3 不同施氮水平马铃薯植株的株高和茎粗

施氮水平	株高/cm		茎粗/mm	
	块茎形成期	块茎膨大期	块茎形成期	块茎膨大期
N1	(15.31±0.32)d	(17.45±0.42)d	10.12±0.21	(9.95±0.22)b
N2	(18.81±0.51)c	(24.05±0.92)c	10.30±0.33	(10.50±0.24)ab
N3	(19.37±0.36)bc	(27.24±0.84)bc	10.17±0.57	(10.48±0.15)ab
N4	(20.76±0.92)ab	(30.01±2.20)ab	10.63±0.15	(10.89±0.42)a
N5	(21.28±0.32)a	(32.04±1.17)a	10.88±0.22	(11.25±0.28)a
相关性	*	**	*	**

数据为同一施氮水平下 5 个不同施钾水平的平均值;同列数据不同字母表示不同水平间差异显著;“*”表示相关性显著($P < 0.05$);“**”表示相关性极显著($P < 0.01$)。

2.2.2 施钾水平对马铃薯植株株高与茎粗的影响

从表 4 可以看出, 块茎形成期不同施钾处理的植株株高为 18.72 ~ 19.82 cm, 块茎膨大期株高为 25.65 ~ 27.03 cm, 各处理间差异不显著; 块茎形成

期不同施钾处理的植株茎粗为 10.10 ~ 10.97 mm, 块茎膨大期茎粗为 10.44 ~ 10.81 mm。相关性分析表明, 块茎形成期、块茎膨大期马铃薯的植株株高、茎粗与施钾量相关性均不显著。

表 4 不同施钾水平马铃薯植株的株高和茎粗

Table 4 Potato plant height and stem diameter at different potassium rates

施钾水平	株高/cm		茎粗/mm	
	块茎形成期	块茎膨大期	块茎形成期	块茎膨大期
K1	19.11±0.52	25.65±0.34	(10.38±0.14)ab	10.71±0.25
K2	19.82±0.23	26.19±0.72	(10.26±0.36)ab	10.81±0.44
K3	19.14±0.36	27.03±0.71	(10.97±0.25)a	10.44±0.42
K4	18.73±0.35	26.20±0.90	(10.10±0.11)b	10.53±0.15
K5	18.72±0.83	25.73±1.84	(10.35±0.24)ab	10.57±0.19

数据为同一施钾水平下 5 个不同施氮水平的平均值; 同列数据不同字母表示水平间差异显著。

2.2.3 施氮水平对马铃薯植株干质量的影响

由表 5 可知, 随着施氮量的增加, 块茎形成期、块茎膨大期、块茎成熟期 3 个时期地上部干质量均呈增大的趋势。相关性分析表明, 成熟期马铃薯地上部干质量与施氮量呈极显著正相关, 膨大期地上部干质量与施氮量呈显著正相关; 成熟期马铃薯地

下部干质量、总干质量与施氮量呈显著正相关; 其余时期马铃薯地上部干质量、地下部干质量、总干质量与施氮量的相关性均不显著。成熟期, 地上部干质量、地下部干质量、总干质量均以 N1 处理的最小, N5 处理的, 说明增施氮肥有利于植株干物质的积累。

表 5 不同施氮水平马铃薯植株地上部干质量和地下部干质量及总干质量

Table 5 Above-ground, under-ground and total dry weight of potato plant at different nitrogen rate

施氮水平	单株地上部干质量/g			单株地下部干质量/g			单株总干质量/g		
	块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期	块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期	块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期
N1	(10.12±0.13)b	(14.44±0.99)c	(9.48±0.09)d	2.91±0.21	18.73±1.16	(23.66±0.00)b	(14.11±0.87)b	(33.17±1.80)b	(33.14±5.15)b
N2	(10.92±0.15)b	(19.23±0.3)8b	(14.76±0.50)c	3.00±0.14	31.01±4.05	(43.35±0.02)a	(14.72±0.57)ab	(50.24±4.18)ab	(58.11±4.17)a
N3	(12.77±0.22)a	(22.59±0.58)ab	(17.47±1.39)b	2.84±0.05	35.35±3.10	(50.87±0.05)a	(14.88±0.58)ab	(57.93±3.49)a	(68.34±7.93)a
N4	(12.59±0.26)a	(23.49±1.12)a	(18.88±0.38)ab	3.31±0.05	33.67±3.99	(54.35±0.09)a	(14.41±1.10)ab	(57.16±461)a	(73.24±6.10)a
N5	(13.35±0.60)a	(23.61±2.36)a	(20.65±0.26)a	3.13±0.27	32.05±8.85	(54.73±0.05)a	(16.81±0.58)a	(55.67±11.21)a	(75.39±4.31)a
相关性		*	**			*			*

数据为同一施氮水平下 5 个不同施钾水平的平均值; 同列数据不同小写字母表示不同水平间差异显著; “*”表示相关性显著($P < 0.05$), “**”表示相关性极显著($P < 0.01$)。

2.2.4 施钾水平对马铃薯植株干质量的影响

由表 6 可知, 除块茎成熟期, K3、K5 水平的地上部干质量差异显著外, 其他各时期各施钾水平的地上部干质量、地下部干质量及总干质量差异均

不显著; 各时期马铃薯地上部干质量、地下部干质量、总干质量与施钾量相关性均不显著, 说明施钾水平不影响马铃薯植株地上部、地下部干质量和总干质量。

表 6 不同施钾水平马铃薯植株干质量和地下部干质量及总干质量

Table 6 Above-ground, under-ground and total dry weight of potato plant at different potassium rate

施钾水平	单株地上部干质量/g			单株地下部干质量/g			单株总干质量/g		
	块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期	块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期	块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期
K1	11.99±0.19	20.69±0.87	(16.61±1.17)ab	2.99±0.05	27.88±3.78	46.45±0.05	14.97±0.17	48.57±4.55	63.06±4.49
K2	11.88±0.17	20.97±1.18	(16.29±0.22)ab	3.11±0.25	30.77±5.81	49.76±0.04	14.99±0.18	51.75±6.82	66.05±4.45
K3	11.51±0.48	20.05±0.67	(15.07±0.33)b	2.89±0.19	29.09±1.34	41.33±0.01	14.40±0.57	49.15±1.76	56.40±3.57
K4	12.24±0.20	21.24±1.62	(16.07±0.40)ab	3.16±0.17	31.91±6.32	46.39±0.06	15.40±0.34	53.15±7.93	62.46±3.86
K5	12.13±0.38	20.40±1.12	(17.7±0.29)a	3.04±0.18	31.16±3.69	43.04±0.13	15.17±0.44	51.56±4.81	60.24±10.48

数据为同一施钾水平下 5 个不同施氮水平的平均值; 同列数据不同字母表示不同水平间差异显著。

2.3 施氮与施钾水平对马铃薯产量及其构成因子的影响

2.3.1 氮和钾互作对马铃薯产量的影响

从表7可以看出, N1K1处理的产量最低, 为9487.50 kg/hm², N4K1处理的产量最高, 为32 065

表7 不同处理马铃薯的产量及方差分析结果

Table 7 Yield and variance analysis results of potato under different treatments

处理	产量/(kg·hm ⁻²)	处理	产量/(kg·hm ⁻²)
N1K1	9487.50i	N3K4	26 070.00abcd
N1K2	12 141.25ghi	N3K5	23 127.50bcdef
N1K3	16 555.00fghi	N4K1	32 065.00a
N1K4	13 557.50ghi	N4K2	28 050.00abc
N1K5	11 522.50hi	N4K3	28 283.75abc
N2K1	17 641.25defghi	N4K4	25 588.75abcde
N2K2	16 953.75efghi	N4K5	29 548.75ab
N2K3	25 107.50abcdef	N5K1	29 535.00ab
N2K4	22 467.50bcdef	N5K2	26 922.50abc
N2K5	20 501.25cdefg	N5K3	25 712.50abcd
N3K1	22 275.00bcdef	N5K4	30 208.75ab
N3K2	19 855.00cdefgh	N5K5	22 316.25bcdef
N3K3	24 516.25abcdef		

同列数据不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

kg/hm²。钾肥水平一定时, 部分处理的产量差异显著; 施氮水平一定时, 各施钾处理间产量差异不显著。

经回归分析获得回归方程 $Y=9642.76+125.32X_1+35.37X_2-0.21X_1^2-0.07X_2^2-0.09X_1X_2$, $R^2=0.846$ 。式中: Y 表示产量; X_1 、 X_2 分别表示施氮与施钾水平。 X_1 、 X_2 一次项系数均为正, 说明一定范围内施用氮、钾肥均有利于马铃薯产量的提高, X_1 、 X_2 二次项系数均为负, 说明在地力高、马铃薯产量潜力较低的冬作区过多施用氮、钾肥对马铃薯产量的提高作用不明显; X_1X_2 项系数为负, 说明此条件下氮钾互作对产量的提高不明显。

2.3.2 施氮对马铃薯产量及其构成因子的影响

从表8可以看出, N4处理的平均产量最高, 为28 707.25 kg/hm²。随着施氮量的增加, 单株块茎质量、单株块茎数均呈上升趋势, 而块茎干物质含量呈下降趋势。相关性分析结果表明, 产量、单株块茎质量、单株块茎数与施氮量呈显著正相关; 干物质含量与施氮量呈显著负相关; 商品薯率与施氮量的相关性不显著。

表8 不同施氮水平马铃薯的产量及其构成因子

Table 8 Potato yield and its components at different nitrogen rates

施氮水平	产量/(kg·hm ⁻²)	商品薯率/%	单株块茎质量/g	单株块茎数	干物质含量/%
N1	(12 652.75±1730.88)d	(69.54±5.14)b	(114.93±29.18)b	(2.24±0.26)b	(19.30±0.36)a
N2	(20 534.25±1055.69)c	(85.92±1.28)a	(224.67±37.02)a	(3.08±0.20)a	(18.55±0.47)ab
N3	(23 168.75±1182.59)bc	(87.92±3.72)a	(274.27±62.80)a	(3.56±0.30)a	(18.04±0.21)b
N4	(28 707.25±1626.00)a	(87.37±1.14)a	(291.87±52.05)a	(3.72±0.31)a	(17.95±0.44)b
N5	(26 939.00±1983.87)ab	(87.04±1.36)a	(303.60±39.58)a	(3.92±0.18)a	(17.45±0.35)b
相关性	*		*	*	*

数据为同一施氮水平下5个不同施钾水平的平均值; 同列数据不同字母表示不同水平间差异显著; “*”表示相关性显著($P < 0.05$)。

2.3.3 施钾对马铃薯产量及其构成因子的影响

从表9可以看出, 各施钾水平的产量、商品薯率、单株块茎质量、单株块茎数、块茎干物质含量差异不显著。相关性分析结果表明, 施钾量与产量、

商品薯率、单株块茎质量、单株块茎数、干物质含量的相关性均不显著。说明施钾对马铃薯产量及其构成因子的影响不大。

表9 不同施钾水平马铃薯的产量及构成因子

Table 9 Potato yield and its components at different potassium rates

施钾水平	产量/(kg·hm ⁻²)	商品薯率/%	单株块茎质量/g	单株块茎数	干物质含量/%
K1	22 200.75±834.61	83.73±2.25	244.00±34.32	3.49±0.12	(18.75±0.33)ab
K2	20 784.50±1498.27	87.49±1.36	271.47±34.73	3.59±0.28	(17.87±0.35)b
K3	24 035.00±1463.32	86.69±2.65	218.27±28.41	3.01±0.32	(18.22±0.24)ab
K4	23 578.50±759.24	82.81±4.55	243.20±28.62	3.28±0.14	(18.58±0.25)ab
K5	21 403.25±1247.40	86.32±2.65	232.40±58.27	3.15±0.35	(17.88±0.27)b

数据为同一施钾水平下5个不同施氮水平的平均值; 同列数据不同字母表示不同水平间差异显著。

3 结论与讨论

氮素是影响马铃薯生长发育的重要因素,马铃薯叶片的伸展、光合作用、块茎产量、干物质积累等都受其调控,氮素在马铃薯植株体内的分布因器官及生长发育阶段的不同而不同^[10-11]。本研究结果表明,块茎膨大期马铃薯叶片SPAD值、株高、茎粗、成熟期总干质量、产量与施氮量呈显著正相关或极显著正相关,这与VOS等^[12]、董道峰等^[13]、陈百翠等^[14]的研究结果基本一致。块茎膨大期叶片SPAD值低于块茎形成期的,可能是由于生长前期氮素集中供应地上部生长,并将多余的氮以硝态氮的形式贮藏在液泡中^[15-17],块茎膨大时将地上部贮藏的氮运输到块茎,进行二次分配,造成地上部氮素含量降低,SPAD值下降,这与孙磊等^[11]的研究结果基本一致。前人^[17-19]研究表明,随着施氮量的增加,马铃薯产量及其构成因子(商品薯率、单薯质量、单株块茎数等)呈单峰曲线变化。本研究结果表明,干物质含量与施氮量呈显著负相关;施氮量为225 kg/hm²时各施钾处理的平均产量最高,为28 707.25 kg/hm²。

马铃薯属于喜钾作物,生长发育、块茎中淀粉的积累以及光合产物的运输等都离不开钾。程良贵等^[20]研究表明,在土壤中等肥力条件下,施纯钾345 kg/hm²的增产效果最佳;赵欢等^[21]则认为,施钾量为120 kg/hm²时马铃薯增产效果最佳;LAKSHMI等^[9]研究表明,施用180 kg/hm²的K肥时产量最高,但随着施钾量的进一步增加,马铃薯产量及其构成因子的提高不显著;STARK等^[22]研究表明,土壤速效钾含量大于175 mg/kg,目标产量不高于37 700 kg/hm²时不需要施用钾肥。本研究结果表明,施钾水平与马铃薯块茎膨大期叶片SPAD、株高、茎粗、植株干质量、产量的相关性均不显著。究其原因,可能是由于试验地土壤基础钾水平(速效钾为261.8 mg/kg)较高,且湖南冬作马铃薯生长季节低温寡照,其产量潜力远低于光照较好的产区。

综上所述,湖南地区地力较高的土壤进行冬播马铃薯生产可以较大幅度减少钾肥的施用,同时可以适当减少氮肥的施用,提高肥料利用效率。生产上要采取测土配方施肥技术,根据马铃薯需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应,提出肥料施用量。

参考文献:

- [1] 黑龙江省农业科学院马铃薯研究所. 中国马铃薯栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
Potato Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences. Potato Cultivation in China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994.
- [2] 宋元林. 马铃薯 姜 山药 芋[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1998.
SONG Y L. Potato Ginger Yam Taro[M]. Beijing: Science and Technology Literature Press, 1998.
- [3] 李成军. 马铃薯高淀粉品种克新12号高产栽培技术的研究初探[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(1): 19-21.
LI C J. Study on high yield cultivation techniques of potato starch variety Kexin 12[J]. Chinese Potato, 2003, 17(1): 19-21.
- [4] 张宝林, 高聚林, 刘克礼, 等. 马铃薯氮素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 193-198.
ZHANG B L, GAO J L, LIU K L, et al. The patterns of nitrogen absorption, accumulation and distribution in potato[J]. Chinese Potato, 2003, 17(4): 193-198.
- [5] 卢建武, 邱慧珍, 张文明, 等. 半干旱雨养农业区马铃薯干物质和钾素积累与分配特性[J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 423-430.
LU J W, QIU H Z, ZHANG W M, et al. Characteristics of dry matter and potassium accumulation and distribution in potato plant in semi-arid rainfed areas[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(2): 423-430.
- [6] 孙磊, 刘向梅, 谷浏涟, 等. 施氮时期对马铃薯钾积累分配及块茎级别的影响[J]. 作物杂志, 2013(2): 100-103.
SUN L, LIU X M, GU L L, et al. Effects of nitrogen application time on potassium accumulation, distribution and tuber set of potato[J]. Crops, 2013(2): 100-103.
- [7] 刘克礼, 张宝林, 高聚林, 等. 马铃薯钾素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 204-208.
LIU K L, ZHANG B L, GAO J L, et al. The patterns of potassium absorption, accumulation and distribution in potato[J]. Chinese Potato, 2003, 17(4): 204-208.
- [8] 姜巍, 刘文志. 马铃薯测土配方施肥技术研究现状[J]. 现代化农业, 2013(3): 11-13.
JIANG W, LIU W Z. Research status of research on soil testing and fertilization technology for potato[J]. Modernizing Agriculture, 2013(3): 11-13.
- [9] LAKSHMI D V, PADMAJA G, RAO P C. Effect of levels of nitrogen and potassium on soil available nutrient status and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.)[J]. Indian Journal of Agricultural Research, 2012, 46(1): 36-41.
- [10] 董文, 范祺祺, 胡新喜, 等. 马铃薯养分需求及养分

- 管理技术研究进展[J]. 中国蔬菜, 2017(8): 21-25.
DONG W, FAN Q Q, HU X X, et al. Research progress on technology for potato nutrient demand and nutrient management[J]. China Vegetables, 2017(8): 21-25.
- [11] 孙磊, 谷浏涟, 刘向梅, 等. 氮肥施用时期对马铃薯氮素积累与分配的影响[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(6): 350-355.
SUN L, GU L L, LIU X M, et al. Effects of N fertilizer application time on N accumulation and distribution in potato plants[J]. Chinese Potato Journal, 2011, 25(6): 350-355.
- [12] VOS J, BOM M. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage[J]. Potato Research, 1993, 36(4): 301-308.
- [13] 董道峰, 陈广侠, 马蕾, 等. 氮肥与多效唑促控结合对马铃薯生理特性及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2015, 47(7): 62-67.
DONG D F, CHEN G X, MA L, et al. Effects of N fertilizer promoting and paclobutrazol controlling combination on physiological characteristics and yield of potato[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2015, 47(7): 62-67.
- [14] 陈百翠, 魏峭嵘, 石瑛, 等. SPAD 值在马铃薯氮素营养诊断和推荐施肥中的研究与应用[J]. 吉林农业科学, 2014, 39(4): 26-30.
CHEN B C, WEI Q R, SHI Y, et al. Application of SPAD value in nitrogen diagnosis and fertilization of potato[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2014, 39(4): 26-30.
- [15] LI X Q, SVESHNIKOV D, ZEBARTH B J, et al. Detection of nitrogen sufficiency in potato plants using gene expression markers[J]. American Journal of Potato Research, 2010, 87(1): 50-59.
- [16] ZEBARTH B J, TAI H, LUO S N, et al. Differential gene expression as an indicator of nitrogen sufficiency in field-grown potato plants[J]. Plant and Soil, 2011, 345(1/2): 387-400.
- [17] 胡新喜, 冯艳青, 雷艳, 等. 不同施氮水平下秋马铃薯的生长以及 *StNR* 和 *StAT* 的表达[J]. 园艺学报, 2015, 42(10): 1974-1982.
HU X X, FENG Y Q, LEI Y, et al. Effects of nitrogen rate on plant growth of autumn potato crop and gene expression of nitrate reductase and ammonium transporter[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2015, 42(10): 1974-1982.
- [18] 陈华, 刘孟君, 刘如霞. 不同施肥水平对菜用马铃薯农艺性状及营养品质的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(2): 220-226.
CHEN H, LIU M J, LIU R X. Agronomic traits and nutrition qualities of table stock potato against different fertilizations[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2016, 25(2): 220-226.
- [19] 李梦龙, 何万春, 何昌福, 等. 氮肥施用量对水浇地覆膜马铃薯土壤矿质氮含量及马铃薯产量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(3): 60-64.
LI M L, HE W C, HE C F, et al. Effects of nitrogen fertilizer rates on content of soil mineral nitrogen and potato tuber yield under film mulching[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2016, 51(3): 60-64.
- [20] 程良贵, 谢利华, 熊安成, 等. 钾肥不同施用量对马铃薯产量影响的试验研究[J]. 基层农技推广, 2013, 1(12): 38-39.
CHENG L G, XIE L H, XIONG A C, et al. Study on the effect of different potassium application rates on potato yield [J]. Primary Agricultural Technology Extension, 2013, 1(12): 38-39.
- [21] 赵欢, 苟久兰, 何佳芳, 等. 钾肥对马铃薯干物质积累、钾素吸收及利用效率的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(2): 644-649.
ZHAO H, GOU J L, HE J F, et al. Effects of potassium fertilizer on dry matter accumulation, potassium absorption and utilization efficiency of potato[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(2): 644-649.
- [22] STARK J, WESTERMANN D. Developing potato fertilizer recommendations from small plot and on-farm research[C]//Western Nutrient Management Conference. Salt Lake City, 2001: 16-19.

责任编辑: 毛友纯

英文编辑: 柳正